

## TEHNIČKO REŠENJE:

Gasni mešač za pripremu standardizovanih eksplozivnih smeša za ispitivanja (u zatvorenom prostoru) električne opreme sa gasnim eksplozijama

### I) IDENTIFIKACIONI PODACI

<b>Autori rešenja:</b>	Miroslav Tufegdžić, Aleksandar Đurđević, Aleksandar Videnović, Jadranka Labus, Vladimir Bursać
<b>Naziv tehničkog rešenja:</b>	Gasni mešač za pripremu standardizovanih eksplozivnih smeša za ispitivanja (u zatvorenom prostoru) električne opreme sa gasnim eksplozijama
<b>Vrsta tehničkog rešenja:</b>	M85 / Nova metoda ispitivanja
<b>Naručilac rešenja:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Tehničko rešenje je realizovano u okviru projekta TR 35031 „Razvoj i primena metoda i laboratorijske opreme za ocenjivanje usaglašenosti tehničkih proizvoda finansiranog od “Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj</li><li>- Akreditovana ispitna laboratorija CENEx, Instituta VINČA</li></ul>
<b>Korisnik rešenja:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Proizvođači, korisnici i uvoznici opreme namenjene za upotrebu u potencijalno eksplozivnim atmosferama,</li><li>- Akreditovana ispitna laboratorija CENEx, Instituta VINČA,</li><li>- Milan Blagojević Namenska industrija, Lučani</li><li>- ATB Sever, Subotica</li><li>- Prvi partizan, Užice</li><li>- Sertifikaciono telo za proizvode Instituta za nuklearne nauke "VINČA"</li></ul>
<b>Godina izrade rešenja</b>	2017. – 2018. godina
<b>Rešenje prihvaćeno od strane:</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Akreditacionog tela Srbije (ATS)</li><li>- Akreditovana ispitna laboratorija CENEx, Instituta VINČA,</li><li>- Sertifikaciono telo za proizvode Instituta za nuklearne nauke "VINČA"</li><li>- Tehnički ekspert Dr Jovan Elazar, profesor Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu u penziji</li><li>- Tehnički ekspert Miomir Živković, dipl.el.inž.</li><li>- Prihvaćeno od strane Naučnog veća INN VINČA</li></ul>

<b>Rešenje primenjuje:</b>	- Sertifikaciono telo za proizvode, INN VINČA - Ispitna Laboratorija CENEx INN VINČA - Milan Blagojevic, Namenska industrija, Lučani - NIS NAFTAGAS Ex radionica, Zrenjanin,- NIS Gaspromneft, Novi Sad –Prvi partizan, Užice
<b>Način verifikacije rezultata:</b>	Metoda je verifikovana u ispitnoj laboratoriji i telu za ocenjivanje usaglašenosti: - Akreditacijom laboratorija za ispitivanje CENEx (akreditovana prema SRPS ISO/IEC 17025) - Akreditacijom Sertifikacionog tela INN VINČA (akreditovano prema SRPS EN 45011:2004) - Prihvaćeno od strane Naučnog veća INN VINČA
<b>Način korišćenja rezultata:</b>	1. Ocenjivanje usaglašenosti proizvoda – sertifikacija opreme namenjene za upotrebu u eksplozivnim atmosferama 2. Za ispitivanje remontovane opreme namenjene za upotrebu u eksplozivnim atmosferama kako bi se potvrdila njihova bezbednost za nastavak upotrebe 2. Za realizaciju izvoza elektromotora domaćeg proizvođača ATB Sever; u laboratoriji CENEX se ispituju motori i sprovodi sertifikaciju istih u sertifikacionom telu Instituta Vinča, Izdati sertifikati su priznati od nadležnih organa Rusije.

## II) DEFINICIJE

### **eksplozivna atmosfera**

smeše zapaljivih supstanci sa vazduhom pod atmosferskim uslovima u formi gasa, pare, prašine ili vlakana, kroz koju se posle paljenja odvija samopodržavajući proces propagacije

### **oprema (za upotrebu u eksplozivnim atmosferama)**

opšti termin koji uključuje uređaje, naprave, pribor, komponente koji su delovi električne instalacije ili su tokom rada priključeni na električnu instalaciju, a koriste se u eksplozivnim atmosferama

### **eksplozivna ispitna smeša**

specifična (posebna) eksplozivna smeša koja se koristi za ispitivanje električne opreme namenjene za rad u eksplozivnim gasnim atmosferama

### **Ex zaštita (tip zaštite)**

specifične (posebne) mere (dizajn, konstrukcija i sl.) koje se primenjuju na električnu opremu kako bi se izbeglo da ona bude uzročnik paljenja okolne eksplozivne atmosfere

### **protiveksplozivno zaštićeni uređaji (Ex uređaji)**

uređaji konstruktivno izvedeni u nekoj od tipova Ex zaštite

## **ispitivanje**

ispitivanje koja se sprovode na jednom ili više naprava određenog dizajna, a koja dokazuju da dizajn zadovoljava određene zahteve (specifikacije)

## **nepropaljivo kućište " d " (Ex zaštita "d")**

kućište u koje su smešteni delovi koji mogu da upale eksplozivnu gasnu atmosferu i koje:

- može da izdrži natpritisak koji se u njemu razvija tokom unutrašnje eksplozije
- sprečava prenos unutrašnje eksplozije na okolnu eksplozivnu atmosferu koja okružuje kućište

## **nepropaljivi zazor**

mesto (sklop) gde površine između dva nalegajuća dela kućišta ili površina između dva spojena kućišta, sprečava prenos unutrašnje eksplozije na okolnu eksplozivnu atmosferu koja okružuje kućište

## **širina nepropaljivog zazora**

rastojanje između odgovarajućih (nalegajućih) površina nepropaljivog zazora u momentu sklapanja kućišta

(za cilindrične površine širina zazora je razlika prečnika "rupe" i "osovine"

## **dužina nepropaljivog zazora**

najkraći put kroz nepropaljivi zazor od unutrašnjosti do spoljašnjosti kućišta

## **maksimalni eksperimentalni bezbednosni zazor (za datu eksplozivnu smešu)**

MEBZ

maksimalni zazor spoja dužine 25 mm čija širina sprečava propaljivanje (bilo kakav prolaz eksplozije) tokom 10 opita pod uslovima specificiranim u SRPS EN 60079-20-1

definicije su prema standardima

SRPS EN 60079-0 Električni uređaji za eksplozivne gasovite atmosfere – Deo 0: Opšti zahtevi

SRPS EN 60079-1 Eksplozivne atmosfere – Deo 1: Oprema zaštićena nepropaljivim kućištem „d“

## **1. OBLAST NA KOJU SE TEHNIČKO REŠENJE ODNOSI**

- Oprema (prvenstveno električna) namenjena za upotrebu u potencijalno eksplozivnim atmosferama tzv. Ex oprema
- Tehnički propis (domaći): Pravilnik o opremi i zaštitnim sistemima namenjenim za upotrebu u potencijalno eksplozivnim atmosferama
- Tehnički propis (evropski): Direktiva 2014/34/EU (ATEX)
- Oblast pokriva proizvođače i korisnike Ex opreme
- Laboratorije koje se bave ispitivanjem električnih uređaja namenjenih za upotrebu u potencijalno eksplozivnim atmosferama, a koji su konstruisani u skladu sa standardom SRPS EN 60079-1 (oprema zaštićena nepropaljivim kućištem "d", tzv. "Exd" oprema)

## **2. PROBLEM KOJI SE TEHNIČKIM REŠENJEM REŠAVA**

Osnovni bezbednosni konstrukcioni koncept za "Exd" opreme se sastoji u tome da se električni sadržaj uređaj smešta u mašinska kućišta koja moraju da zadovolje dva osnovna zahteva:

- da budu mehanički dovoljno čvrsta tj. da izdrže unutrašnji pritiska gasnih eksplozija bez oštećenja i trajnih deformacija
- da nalegajući spojevi budu tako izrađeni da kroz njihove konačne zazore (tzv. bezbednosne zazore) ne dođe do prenosa plamena unutrašnje eksplozije na okolnu eksplozivnu atmosferu

Konstruktivni zahtevi su definisani standardom SRPS EN 60079-1. Osim toga standardom se definišu i obavezujuća ispitivanja koja se na Eh uređaju moraju sprovesti.

Za eksperimentalnu proveru dva suštinska konstruktivna zahteva sprovode se dve vrste vrste ispitivanja.

- Prvo je određivanje maksimalnog pritiska gasne eksplozije koji se može dobiti u unutrašnjosti mašinskih kućišta; posle toga se ta kućišta izlažu za 50% većem pritisku gasne eksplozije
- Drugo je ispitivanje prolaska plamena gasne eksplozije kroz bezbednosne zazore

Za mogućnost realizacije navedenih ispitivanja potrebno je generisati gasne eksplozije standardizovanih eksplozivnih smeša sa vazduhom. Da bi to bilo moguće potrebno je raspolagati tj. konstruisati aparaturu koja omogućava mešanje relevantnih gasova sa vazduhom u tačno zadatim zpreminskim procentima tj. proizvoditi standardizovane eksplozivne smeše sa vazduhom.

Ovim tehničkim rešenjem se rešava osnovni uslov koji mora da bude ispunjen da bi se uopšte moglo realizovati ispitivanje Exd oprema, koja predstavlja oko 80% čitavog broja električna opreme namenjene za upotrebu u potencijalno eksplozivnim atmosferama.

## **3. STANJE REŠENOSTI PROBLEMA U SVETU**

Principijelni, najopštiji zahtevi za potrebna ispitivanja definisani standardom (domaći, evropski i IEC standardi su u tehničkom delu ekvivalentni):

SRPS EN 60079-1, Eksplozivne atmosfere – Deo 1: Oprema zaštićena nepropaljivim kućištem „d“

Opšti opisi metoda su dati u tački 15.2. i 15.3. standarda SRPS EN 60079-1. Na osnovu tih opštih zahteva vrši se konkretna realizacija laboratorijske metode tj. potrebnih laboratorijskih uređaja. Ta realizacija na svetskom nivou nije unikatna. Svaka laboratorija na svoj originalan način rešava problem pripreme standardizovanih eksplozivnih smeša sa vazduhom.

To je potpuno jasno, jer u implementaciji same metode mešanja postoji nekoliko suštinskih fizičkih principa koje se mogu primeniti, kao više različitih elemenata same aparature koja se mogu koristiti.

Ovo tehničko rešenje je svakako jedinstveno u Republici Srbiji. Do sada nijedna domaća laboratorija nije vršila konkretna eksplozivna ispitivanja na električnoj opremi zaštićenoj sa nepropaljivim kućištem Exd. Specifičnost ovog tehničkog rešenja je da je sa njim ušteda potrebnih količina gasova potrebnih za pripremu standardizovanih eksplozivnih smeša sa vazduhom, najmanja.

#### 4. POSTAVKA TEHNIČKOG REŠENJA

Postavka tehničkog rešenja se sastoji od uspešnoj propremi standardizovanih eksplozivnih smeša sa vazduhom, za realizaciju dva standardizovana opita

**I Ovit ispitivanja mehaničke čvrstoće kućišta** i on se sastoji od:

a) određivanja referentnog pritiska (3 puta ponavljanje iniciranje unutrašnje eksplozije i beleženje najveće vrednosti pritiska eksplozije) t. 15.2.2.

b) izlaganje kućišta povišenom pritisku (za 50% višem od referentnog pritiska dobijenog pod a) t. 15.2.3.

**II Ispitivanje propaljivanja kućišta** (t. 15.3. SRPS EN 60079-1)

Sastoji u punjenju unutrašnjosti ispitivanog kućišta ispitnom eksplozivnom smešom i smeštanju u ispitnu komoru napunjenju sa istom eksplozivnom smešom.

Zatim se vrši 5 puta iniciranje unutrašnje unutrašnje gasne eksplozije. Ni u jednom opitu ne sme da dođe do pojave prolaska plamena kroz bezbednosne zazoru i paljenje okolne gasne atmosfere u ispitnoj komori

## 5. OPIS TEHNIČKOG REŠENJA

### 5.1. Uvod

Ispitivanje u okviru Ex zaštite "d" (nepropaljivo kućište) – određivanje pritiska eksplozije (referentni pritisak) je definisan standardom SRPS EN 60079-1, t. 15.1.2. To ispitivanje zahteva iniciranje stanadardizovane eksplozivne ispitne smeše koja se upušta unutar kućišta ispitivanog uređaja. Gasovi koji se koriste su: metan, propan, etilen, acetilen, vodonik.

Njihovi zapreminski procenat u smeši sa vazduhom, kao i dozvoljeno odstupanje su definisani standardom SRPS EN 60079-1, t. 15.1.2.1. i dati su u sledećoj tabeli. Dodatno su uvedene i tzv. grupe uređaja/grupe gasova (prema standardu SRPS EN 60079-1, t 4)

Tabela 1

Grupa gasova	Ispitna smesa (zapreminski % sa vazduhom)	Min. broj iniciranja/eksperimenata
I	$(9.8 \pm 0.5)$ % metana	3 ili 5*
IIA	$(4.6 \pm 0.3)$ % propana	3 ili 5*
IIB	$(8.0 \pm 0.5)$ % etilena	3 ili 5*
	$(24.0 \pm 1.0)$ % smese (85/15) vodonik+metan	5*
IIC	$(14.0 \pm 1.0)$ % acetilena	3
	$(31.0 \pm 1.0)$ % vodonika	3

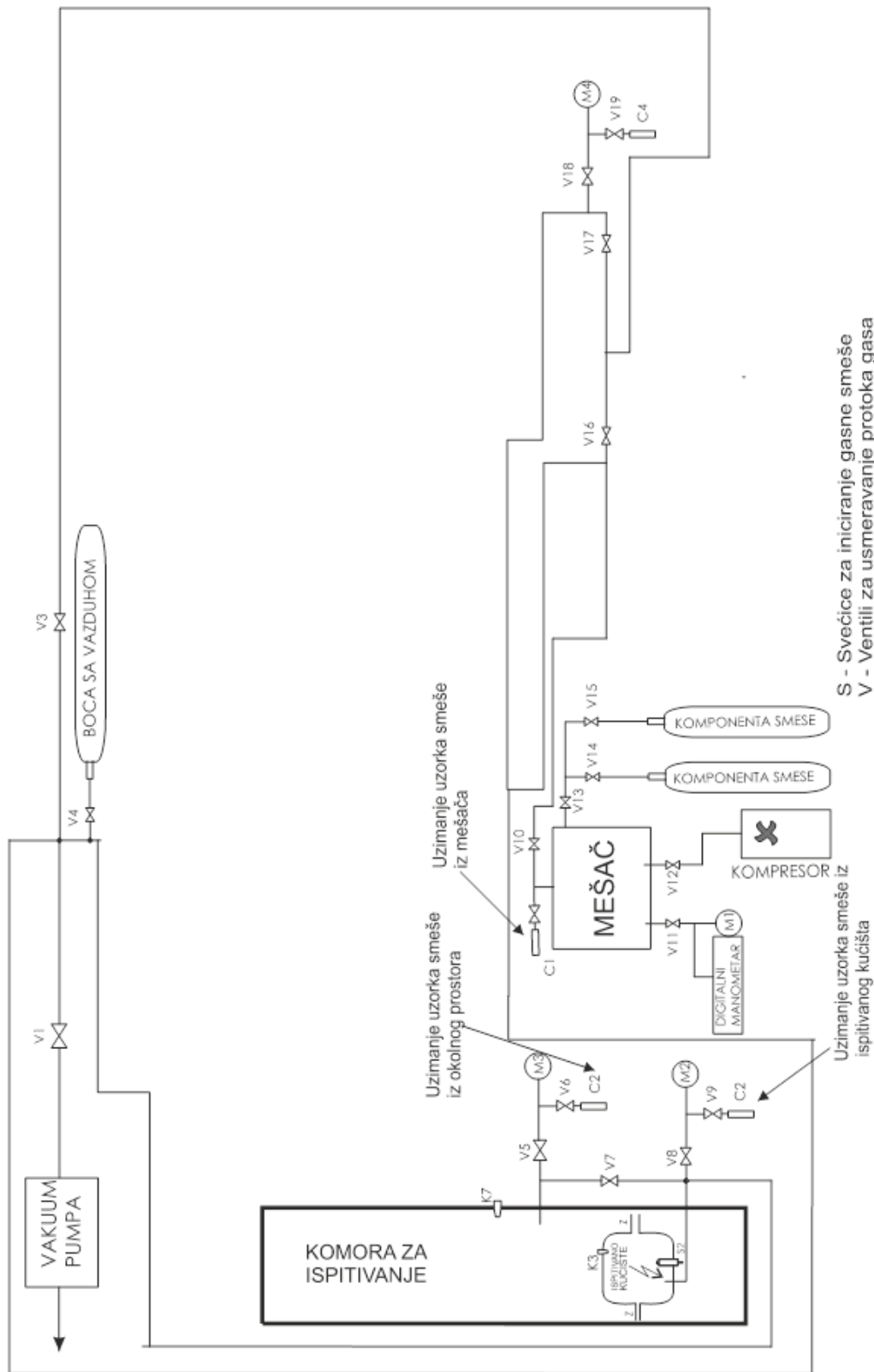
(\*) Primenjuje se u slučaju mogućnosti pojave povećanog pritiska (ako se prilikom serije testova varirajući mesto paljenja dobije odnos pritisaka  $\geq 1.5$  ili je vreme uspona manje od 5ms)

Priprema zadatih smeša se u principu može realizovati na više načina. U Ispitnoj laboratoriji za Ex uređaje "CENEx", Instituta VINČA se merenje zapremine komponenata smeše zamenjuje merenjem parcijalnih pritisaka. Posuda u kojoj se smeša priprema se vakumira, pa se zatim u proizvoljnom broju koraka naizmenično upuštaju vazduh i ispitni gas do proizvoljnog finalnog pritiska. U dosadašnjoj praksi on nikada nije bio veći od 15 bara.

U slučaju pretpostavke da se sve komponente smeše u oblasti sobnih temperatura i gore navedenog pritiska opisuju jednačinom idealnog gasnog stanja, zapreminske frakcije su jednake parcijalnim pritiscima. Odstupanje od idealnosti može da unese grešku koja ne sme biti veća od one zahtevane standardom. U okviru ovog tehničkog rešenja je upravo takva analiza izvršena. Naime izabrana je REDLICH-KWONG jednačina realnog gasa, koja inače pokriva opseg pritisaka i temperatura znatno iznad onih sa kojima se radi, a onda izvršen proračun parcijalnih pritisaka za karakteristične zapreminske procenat navedenih gasova. Proračun je izveden pomoću kompjuterskog programa napisanog u programskom jeziku FORTRAN.

Na slici 1 je prikazana principijelna šema mešača spojenog sa ispitnom komorom za eksplozivna ispitivanja u zatvorenim laboratorijskim uslovima

Slika 1 PRINCIPIJELNI ŠEMATSKI PRIKAZ MEŠAČA I KOMORE ZA EKSPLOZIVNA ISPITIVANJA



- S - Svećice za iniciranje gasne smeše
- V - Ventili za usmeravanje protoka gasa
- K - Piezoelektrični pretvarači pritiska
- C - Kivete za uzimanje gasnih uzoraka za analizu na analizatoru SERVOMEX-u
- M - Analogni manometri
- Z - Zazori na kucištu koje se ispituje

Fotografije mešača sa delovima pripadajuće opreme



Mešač sa delom ispitne komore



Senzorska glava digitalnog merača pritiska



Displej digitalnog merača pritiska



Kompresor



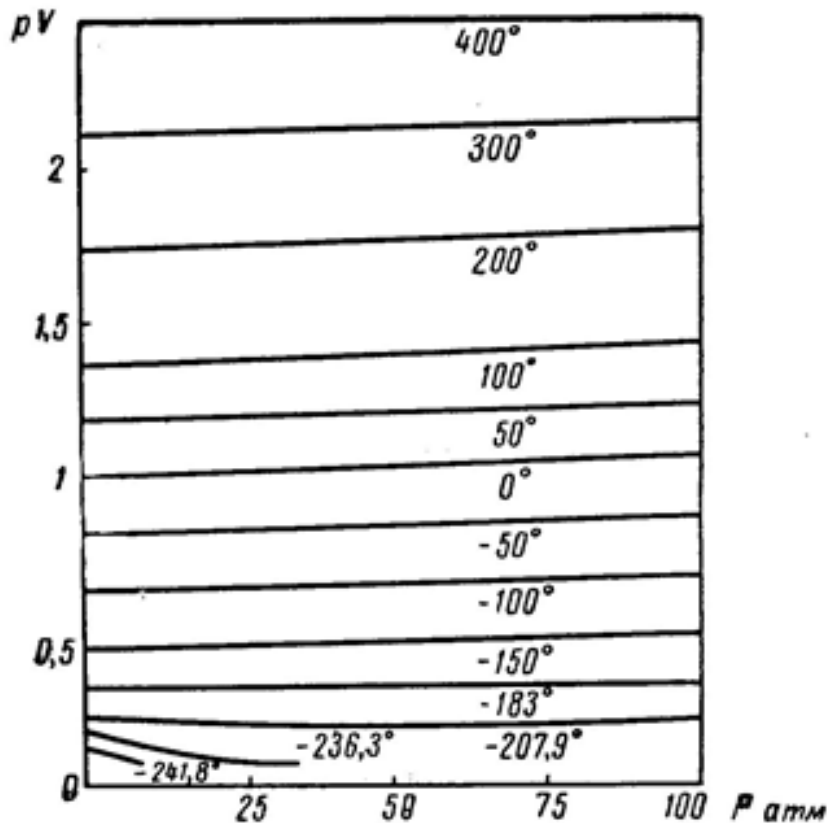
Analizator gasova SERVOMEX



## 5.2 O jednačini stanja realnih gasova

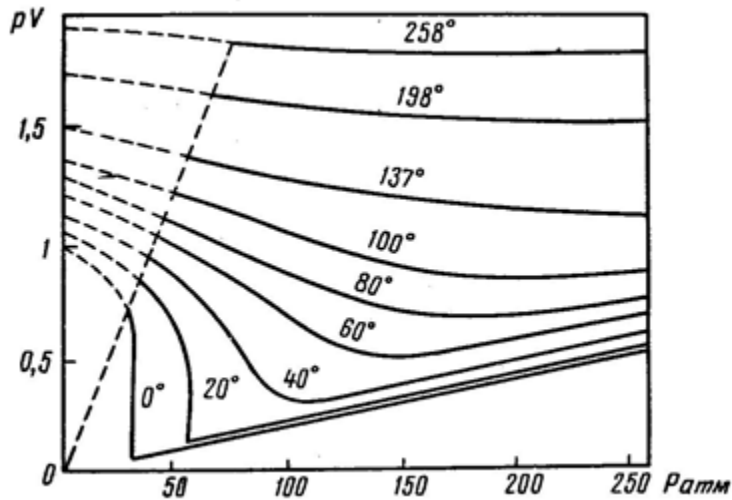
Saglasno jednačini izoterme idealnog gasnog stanja, proizvod pritiska i zapremine za određenu masu gasa je konstantan pri svakom pritisku. Međutim u realnom slučaju to važi samo u slučaju relativno visokih temperatura i nevelikih pritisaka. Većina gasova izuzev vodonika i helijuma stišljiviji su nego što predviđa zakon izoterme. Na slici 1 su prikazane izoterme vodonika na PV-P dijagramu, iz kojih se vidi da je u velikom intervalu pritisaka i temperatura vodonik praktično idealan gas.

Slika 2 Izoterme vodonika



Sasvim je drugačija situacija sa npr. ugljen dioksidom. Umesto da izoterme budu prave paralelne sa P osom, dobijaju se krive koje pokazuju da proizvod PV realnih gasova zavisi od pritiska. Na slici 2 je prikazana mreža izoterme ugljen dioksida koja pokazuje da već na temperaturama nižim od 200 oC postoji odstupanje od idealnosti. U oblasti nižih temperatura proizvod PV sa uvećanjem pritiska prvo opada, a zatim raste. Krive PV-P prolaze kroz minimum, koji se srazmerno povišenju temperature pomera duž neke parabolične krive, tako da pri nekoj temperaturi (tzv. Bojlova temperatura), minimum izoterme leži pri  $P = 0$ . Sledi da za sve izoterme koje prolaze kroz minimum, uvek postoji jedan pritisak pri kome proizvod PV ima istu vrednost kao idealan gas.

Slika 3 Izoterme ugljen dioksida



Razlog za navedena odstupanja realnih gasova je taj, što se u slučaju idealnih gasova zapremina samih molekula nije uzimala u obzir, kao ni sile uzajamnog delovanja između molekula. Dakle postojanje međumolekulskih sila i konačne dimenzije molekula su osnovne razlike između realnog i idealnog gasa.

Prva jednačina realnog gasa koja je uzela u obzir dimenzije i interakciju molekula je bila Van der Valsova jednačina. Ona ima dve konstante (a i b) koje modifikuju i pritisak i zapreminu idealnog gasa, tako da je ona za jedan mol gasa:

$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right) (V - b) = RT$$

Konstante a i b se određuju eksperimentalno imajući u vidu da je za kritičnu izotermu,  $(\partial p / \partial V)_T = 0$ , i  $(\partial^2 p / \partial^2 V)_T = 0$ ,

Odatle i iz prethodne jednačine sledi

$$a = \frac{27}{64} \frac{R^2 T_c^2}{P_c}$$

$$b = \frac{RT_c}{8P_c} \text{ gde je,}$$

R - gasna konstanta  
 T<sub>c</sub> - kritična temperatura  
 P<sub>c</sub> - kritična zapremina

Van der Valsova jednačina daje mnogo bolje slaganje sa eksperimentima. Tako npr. za azot pri  $T = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$  i  $P = 1000$  bara proizvod PV izračunat prema jednačini idealnog gasa se razlikuje za dva puta u poređenju sa eksperimentom. U slučaju izračunavanja proizvoda PV preko Van der Valsove jednačine razlika sa eksperimentom ne prelazi nekoliko procenata.

Od vremena nastanka Van der Valsove jednačine (1873.) veliki broj jednačina realnih gasova je objavljen. Njihova kompleksnost se ogledala u broju dodatnih konstanti, a sve sa ciljem da se što bolje opiše "PVT" ponašanje materije u širokom opsegu temperatura i pritisaka. Neke od njih imaju čak devet konstanti.

Od svih jednačina nastalih posle Van der Valsove trebalo bi svakako ukazati na jednu koja nije posebno složena, a takođe ima samo dve konstante. Ona je poznata kao **Redlich-Kwong** jednačina stanja realnog gasa i daje potpuno zadovoljavajuće rezultate za sve temperature iznad kritične i za bilo koji pritisak. Pri njenom izvođenju se pošlo od praktičnih razmatranja. Ona je u suštini empirijski izvedena. To znači da ne postoje direktna fizička objašnjenja za modifikacije putem uvođenja konstanti a i b. Izgled same jednačine je sledeći

$$\left[ p + \frac{a}{T^{0.5}V(V+b)} \right] (V-b) = RT$$

gde su konstante

$$a = 0.4278 \frac{R^2 T_c^{2.5}}{P_c}$$

$$b = 0.0867 \frac{RT_c}{8P_c}$$

Mnogi proračuni izvedeni sa Redlich-Kwong jednačinom za veliki broj realnih gasova su pokazali vrlo dobro slaganje sa eksperimentima. Kombinacija njene jednostavnosti i primenljivosti na širok opseg pritisaka i temperatura, je bio razlog da se sa njom izvede proračun koji bi pokazao eventualnu grešku koja se čini kada se sa ispitnim gasovima (metan, propan, etilen) njihova zapremina direktno meri preko parcijalnih pritisaka što je slučaj kod idealnih gasova. Kao što je već napomenuto vodonik se u okvirima greške koja je standardom dozvoljena (najmanja je za smešu  $55\% \pm 0.5\%$ ) može smatrati kao idealan gas.

### 5.3 Proračun parcijalnih pritisaka primenom Redlich-Kwong jednačine

Izvršen je proračun za sledeće stehiometrijske smeše:

33.333 % metan + 66.667 % kiseonik, pri pritisku do 90 atm, T = 20 °C  
 16.667 % propan + 83.333 % kiseonik, pri pritisku do 18 atm, T = 20 °C  
 25 % etilen + 75 % kiseonik, pri pritisku do 50 atm, T = 20 °C

Maksimalne vrednosti zapreminskih procenata koje zahteva standard u smeši sa vazduhom sa apsolutnim i relativnim greškama navedenih gasova su:

metan (9.8 ± 0.5) %, relativna greška 5.1 %,  
 propan (4.6 ± 0.3) %, relativna greška 6.52 %,  
 etilen (8 ± 0.5) %, relativna greška 6.25 %

S obzirom da su svi zapreminski procenti gasova u kiseoničnim smešama za koje je izvršen proračun daleko veći, idealnost ispitnih gasova se proverava pod oštrijim uslovima.

Rezultati proračuna su dati u Tabelama 2, 3 i 4

Tabela 2

Pritisak smeše (atm)	Smeša 33.333 % metan + 66.667 % kiseonik, T = 20 °C Kritični parametri: Tc = - 82.6 °C, Pc = 45.44 atm				
	Parcijalni pritisak CH4 (atm)			Parcijalni pritisak O2 (atm)	
	RK jednačina	Idealan gas	Relativna greška %	RK jednačina	Idealan gas
10	3.349	3.333	0.48	6.651	6.666
20	6.727	6.666	0.91	13.273	13.333
30	10.131	10.	1.31	19.869	19.999
40	13.554	13.333	1.65	26.446	26.666
50	16.992	16.666	1.95	33.008	33.333
60	20.439	19.999	2.2	39.561	39.999
70	23.887	23.333	2.37	46.113	46.666
80	27.329	26.666	2.48	52.671	53.333
90	30.757	29.999	2.52	59.243	59.999

S obzirom da je temperatura metana u smeši koja se priprema znatno iznad kritične, proračun je izvršen za relativno visok pritisak. Dakle relativna greška za metan je čak i na 90 atm (2.52 %) dva

puta manja od vrednosti 5.1 % dozvoljene standardom, a greška za tipične uslove rada (do 10 atm) je čak 10 puta manja.

Tabela 3

Pritisak smeše (atm)	Smeša 16.667 % propan + 83.333 % kiseonik, T = 20 °C Kritični parametri: T <sub>c</sub> = 96.67 °C, P <sub>c</sub> = 41.94 atm				
	Parcijalni pritisak C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> (atm)			Parcijalni pritisak O <sub>2</sub> (atm)	
	RK jednačina	Idealan gas	Relativna greška %	RK jednačina	Idealan gas
3	0.499	0.499	0	2.501	2.499
6	0.997	0.999	0.2	5.003	4.999
9	1.492	1.499	0.47	7.508	7.499
12	1.985	1.999	0.25	10.015	9.999
15	2.476	2.499	0.92	12.524	12.499
18	2.965	2.999	1.13	15.035	14.999

Za propan je temperatura smeše ispod kritične (oko 0.25 T<sub>c</sub>), tako da bi se moglo postaviti pitanje i primene same Redlich-Kwong jednačine. Međutim parcijalni pritisci propana su jako mali (za smeše sa vazduhom još dodatno oko 4 puta niži), tako da je u tom regionu izoterme opravdano vršiti proračun. Iz tabele 2 se vidi da i za propan važi aproksimacija idealnog gasa.

Čak i na pritisku od 15 atm u smeši sa kiseonikom tačka rošenja za propan bi bila - 18 °C.

Tabela 4

Pritisak smeše (atm)	Smeša 25 % etilen + 75 % kiseonik, T = 20 °C Kritični parametri: Tc = 9.21 °C, Pc = 49.66 atm				
	Parcijalni pritisak C2H4 (atm)			Parcijalni pritisak O2 (atm)	
	RK jednačina	Idealan gas	Relativna greška %	RK jednačina	Idealan gas
10	2.504	2.5	0.16	7.496	7.5
20	5.013	5.0	0.26	14.987	15.
30	7.522	7.5	0.29	22.478	22.5
40	10.023	10.0	0.23	29.977	30.

Iz Tabele 4 se vidi da je za etilen greška koja se pravi usled neidealnosti gasa čak 30 puta manja od dozvoljene.

## 6. Merna i ispitna oprema

- 2 rotacione vakuum pumpe kapaciteta 120 i 400 litara/sat,
- Kompresor za vazduh zapremine 60 litara i radnog pritiska 8 bara,
- Oxygen gas analyser, SERVOMEX, Tip: 5100 i.s.
- Digitalni manovakuometar HOTINGER, tip MVD 2510
- Manometri (Burdonovi) klase 1
- Metalna posuda mešača (zapremine 30 litara)

## 7. Zaključak

Izršeni proračuni pokazuju da se za sve gasove za pripremu ispitnih smeša propisanih standardom, pri uslovima pritiska i temperature sa kojima se radi u CENEx-u, aproksimacija jednačine idealnog gasnog stanja može primeniti. Greška koja se tada čini je zanemarljiva u odnosu na maksimalno dozvoljenu standardom.

Osim toga, finalna analiza ispitne smeše se vrši pomoću analizatora kiseonika (Oxygen gas analyser, SERVOMEX, Tip: 5100 i.s.) S obzirom da su sve ispitne smeše ustvari, smeše sa vazduhom, tačan volumetrijski procenat ispitnog gasa se dobija iz podatka o koncentraciji kiseonika.

Rezultati te analize su pokazivali da je tačnost pripremljenih ispitnih smeša uvek veća od graničnih zahtevanih standardom

## Literatura

[1] Redlich, O., and Kwong, J.N.S., Chem.Rev. 44, 233 (1949).

[2] Redlich, O., and Ngo, V.B.T., Ind. Eng. Chem. Fundam., Vol.9, No.2, 287 (1970)

SRPS EN 60079-0 Električni uređaji za eksplozivne gasovite atmosfere – Deo 0: Opšti zahtevi

SRPS EN 60079-1 Eksplozivne atmosfere – Deo 1: Oprema zaštićena nepropaljivim kućištem „d“.

## 8. NAČIN REALIZACIJE MOGUĆNOST I MESTO PRIMENE

Tehničko rešenje je realizovano u okviru projekta TR 35031 koji je finansiran od strane Ministarstva za prosvetu, nauku i tehnološki razvoj. Mesto primene je ispitna laboratorija CENEx o okviru Imenovanog tela Instituta VINČA, kao i kod domaćih korisnika, proizvođača Ex opreme i organizacija koja se bave remontom Ex opreme

Ovo tehničko rešenje predstavlja jedan od osnovnih delova ispitno-mernog lanca koji omogućava pouzdana i efikasna ispitivanja nove, korišćen i remontovane Ex opreme. Velika većina Ex opreme koja se koristi u svetu i kod nas je izvedeno u „Exd“ zaštiti. Bazično ispitivanje u svrhu utvrđivanja i/ili potvrđivanja usaglašenosti se vrše uz pomoć opisanog laboratorijskom postrojenju tj. tehničkog rešenja. U Srbiji nigde (osim u Ispitnoj laboratoriji CENEx Instituta VINČA), nisu vršena ispitivanja sa gasnim eksplozijama.

Posebno se ističe da će ispitivanje korišćene i/ili remontovane opreme (koje u Srbiji postoji u velikim količinama) omogućiti produženje veka trajnosti veoma skupe Ex opreme i na taj način postići znatna ušteda kod domaćih korisnika (NIS, Srbijagas, Rudarski kompleks, namenska industrija (MB Lučani, Prvi partizan) i sl.).

Na taj način se pokazuje da postoje ekonomsko opravdani razlozi za korišćenje ispitnih kapaciteta ovog tehničkog rešenja.

Osim toga će budući razvoj domaće proizvodnje Ex opreme biti pospešen time što će se ispunjenje zahteva za bezbednu konstrukciju proveravati kod nas.

Od/From: ATB SEVER DOO

Za/For: Institut VINČA, Ispitna laboratorija CENEx, pp 522, 11001 Beograd

Predmet/Subject: Ekspertsko mišljenje o tehničkom rešenju razvijenom u Institutu VINČA / Ispitna laboratorija CENEx

Subotica, 09.01.2019

Broj dokumenta/Number of documents: 001.01.19

## OCENA TEHNIČKOG REŠENJA (Ekspertsko mišljenje)

„Gasni mešač za pripremu standardizovanih eksplozivnih smeša za ispitivanja (u zatvorenom prostoru) električne opreme sa gasnim eksplozijama“

Kompanija ATB Sever, Subotica je domaći proizvođač električnih motora. Pored toga već duži niz godina ATB Sever proizvodi i razvija električne motore namenjene za upotrebu u potencijalno eksplozivnim atmosferama (Ex motori).

Razvoj i proizvodnja tih motora ide u dva osnovna pravca. Razvijaju se motori izvedeni u tzv. „Exd“ zaštiti (nepropaljivo kućište) i motori (nisko i visokonaponski) izvedeni u „Exe“ zaštiti (povećana bezbednost). Ispitivanja tih motora (u svrhu sertifikacije) se vrši u Institutu VINČA, Ispitna laboratorija CENEx.

Ispitivanja u eksplozivnoj atmosferi predstavljaju osnovna ispitivanja tih motora.

Upravo zbog toga ATB Sever je zainteresovan za svaki domaći razvoj i poboljšanje ispitnih kapaciteta.

Navedeno tehničko rešenje zaista predstavlja značajan doprinos u oblasti ispitivanja.

Samo tehničko rešenje će omogućiti efikasniji, brži i pouzdaniji postupak ispitivanja, koji će u krajnjoj instanci dovesti do kvalitetnijih i bezbednosno pouzdanijih elektromotora. To je vrlo bitno za mogući plasman na inostrana tržišta.

ATB Sever će uvek podržavati razvoj ovakvih tehničkih rešenja koja dovode do obostrane koristi, kako za našu kompaniju tako i za Ispitna laboratorija CENEX Instituta Vinča.

Na kraju zaključujemo da navedeno tehničko rešenje omogućava ispunjenje zahteva standarda za generisanje ispitnih gasnih smeša koje se koriste za eksplozivna ispitivanja „Exd“ motora i visokonaponskih „Exe“ motora.

Tehničko rešenje posebno sadrži

- (1) Oblast
- (2) Problem koji se rešava tehničkim rešenjem
- (3) Stanje rešenosti problema u svetu sa pozivom na referentnu literaturu
- (4) Postavka tehničkog rešenja
- (5) Opis sa karakteristikama
- (6) Literatura
- (7) Način realizacije mogućnost i mesto primene

Subotica, januar 2019. godine



Sastavio/Compiled:

Huba Berenji

(Ime i prezime/Name and surname)





PREDUZEĆE  
-MILAN BLAGOJEVIĆ - NAMENSKA - AD

Radnička bb, 32240 LUČANI, SRBIJA

Matični broj: 07327153  
PIB: 101263524

Tel. +381(0)32-817-579  
Fax: +381(0)32-818-058

e-mail: [mbnamlu@open.telekom.rs](mailto:mbnamlu@open.telekom.rs)  
web site: [www.mbnamenska.com](http://www.mbnamenska.com)



Predmet: Ekspertsko mišljenje o tehničkom rešenju razvijenom u  
Institutu VINČA, Ispitna laboratorija CENEx, pp 522, 11001 Beograd

OCENA TEHNIČKOG REŠENJA (Ekspertsko mišljenje)

„Gasni mešač za pripremu standardizovanih eksplozivnih smeša za ispitivanja (u zatvorenom prostoru)  
električne opreme sa gasnim eksplozijama“

Namenska industrija Milan Blagojević, Lučani je vrlo specifičan domaći korisnik opreme namenjene  
za upotrebu u potencijalno eksplozivnim atmosferama (Ex oprema).

Osim hazardnih zona sa prisustvom eksplozivnih materija (npr. baruti) u znatnoj meri se pojavljuju i  
zone sa potencijalno eksplozivnim atmosferama gasova i/ili para).

Zbog toga je za nas od vitalnog interesa primena svih relevantnih mera zaštite od pojave i gasnih  
eksplozija.

Uvek smo podržavali i podržavaćemo sve domaće razvojne napore koji dovode do pojave novih  
tehničkih rešenja, a koja bi se primenjivala u našoj praksi.

Navedeno tehničko rešenje spada u kategoriju domaćih razvijenih rešenja.

Višegodišnja tehnička saradnja sa Ispitnom laboratorijom CENEx je pokazala mnogo korisnih  
bezbednosnih rešenja koja smo primenjivali.

Prema svim opisima koje tehničko rešenje sadrži, zaključujemo:

- Navedeno tehničko rešenje omogućava pouzdano i efikasnu pripremu ispitnih gasnih smeša  
koje su neophodne za eksplozivna ispitivanja „Exd“ kućišta,
- Namenska industrija Milan Blagojević, Lučani, prepoznaje i sopstveni interes da koristeći to  
tehničko rešenje podigne nivo bezbednosti u svojim radnim pogonima na viši nivo

Tehničko rešenje posebno sadrži

- (1) Oblast
- (2) Problem koji se rešava tehničkim rešenjem
- (3) Stanje rešenosti problema u svetu sa pozivom na referentnu literaturu
- (4) Postavka tehničkog rešenja
- (5) Opis sa karakteristikama
- (6) Literatura
- (7) Način realizacije mogućnost i mesto primene

Lučani, januar 2019. godine

Radiša Kovačević  
*Kovačević Radiša*



## OCENA TEHNIČKOG REŠENJA

„Gasni mešač za pripremu standardizovanih eksplozivnih smeša za ispitivanja (u zatvorenom prostoru) električne opreme sa gasnim eksplozijama“

Tehničko rešenje koje se ocenjuje je realizovano kao značajan doprinos kako u oblasti neposredne primene u privredi (za razvoj novih proizvoda), tako i u oblasti mogućih novih istraživanja. Novi proizvodi predstavljaju opremu namenjenu za upotrebu u potencijalno eksplozivnim atmosferama. Takva oprema ima veoma široku primenu u naftnoj, hemijskoj, farmaceutskoj, „namenskoj“ industriji. Sve te industrije su razvijene u Srbiji.

Navedeno tehničko rešenje svakako omogućava da pomenuti domaći proizvodi tokom razvoja ispune neophodne zahteve za konstrukciju i ispitivanja koji postoje za upotrebu plasmana i na tržište Evropske unije.

S obzirom da je oblast ispitivanja u kojoj se primenjuje ovo tehničko rešenje prilično hazardna (generisanje eksplozivnih smeša gasova), sama njegova realizacija je takva da omogućava i bezbedan rad i kredibilna ispitivanja koja se zahtevaju relevantnim evropskim standardima.

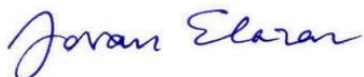
Proizvodi koje „pokriva“ tehničko rešenje su dominantno energetska električna oprema kao što su elektromotori (nisko i visoko naponski), grejači, svetiljke, prekidači, komandi ormani i sl.

Dodatno treba napomenuti da je tehničko rešenje razvijeno u akreditovanoj ispitnoj laboratoriji CENEx Instituta Vinča, koja od 1992. godine u kontinuitetu radi u oblasti fizičko-hemijskih eksplozija.

Razvoj ovakvih tehničkih rešenja svakako treba podržati, a ova pozitivna ocena predstavlja doprinos u tom pravcu.

Tehničko rešenje posebno sadrži

- (1) Oblast
- (2) Problem koji se rešava tehničkim rešenjem
- (3) Stanje rešenosti problema u svetu sa pozivom na referentnu literaturu
- (4) Postavka tehničkog rešenja
- (5) Opis sa karakteristikama
- (6) Literatura
- (7) Način realizacije mogućnost i mesto primene



Dr Jovan Elazar

*(profesor Elektrotehničkog fakulteta Univerziteta u Beogradu u penziji)*



**INSTITUT ZA KVALITET RADNE I  
ŽIVOTNE SREDINE 1. MAJ D.O.O NIŠ**  
INSTITUTE FOR THE QUALITY OF WORKING  
AND LIVING ENVIRONMENT 1. MAY NIS



ИНСТИТУТ ЗА КВАЛИТЕТ РАДНЕ И ЖИВОТНЕ СРЕДНЕ  
1. МАЈ Д.О.О.  
Бр. 52-461/1  
19.03. 2019 год.  
НИШ

Institut VINČA,  
Ispitna laboratorija CENEx

Predmet: Ocena tehničkog rešenja

**OCENA TEHNIČKOG REŠENJA**

„Gasni mešač za pripremu standardizovanih eksplozivnih smeša za ispitivanja (u zatvorenom prostoru) električne opreme sa gasnim eksplozijama“

Tehničko rešenje predstavlja opremu namenjenu za upotrebu u potencijalno eksplozivnim atmosferama. Takva oprema ima veliku primenu u naftnoj, hemijskoj, farmaceutske, „namenskoj“ industriji. Sve te industrije su razvijene u Srbiji.

Gasni mešač je potreban deo prilikom ispitivanja uređaja koji su izrađeni u protiveksplozivnoj zaštiti Exd i primenjuje se standard koji je naveden u tehničkom rešenju SRPS EN 60079-1 Eksplozivne atmosfere – Deo 1: Oprema zaštićena nepropaljivim kucištem „d“, u standard su navedene i smeše zapaljivih gasova koje se pri tome koriste.

Postoje nekoliko načina za pravljenje smeša eksplozivnih gasova, laboratorija CENEx se odlučila za metod sa proračunom parcijalnih pritisaka. Detaljan proračun i opis metoda je prikazan u tehničkom rešenju. Pored proračuna u tehničkom rešenju je predstavljena i oprema koja je potrebna da bi se realizovalo pouzdano i precizno mešanje gasova.

Navedeno tehničko rešenje svakako omogućava da pomenuti domaći proizvodi tokom razvoja ispune neophodne zahteve za konstrukciju i ispitivanja koji postoje za upotrebu plasmana i na tržište Evropske unije.

Sama realizacija je takva da omogućava pored prisustva eksplozivnih gasova i bezbedan rad i kredibilna ispitivanja koja se zahtevaju relevantnim evropskim standardima.

Tehničko rešenje posebno sadrži

- (1) Oblast
- (2) Problem koji se rešava tehničkim rešenjem
- (3) Stanje rešenosti problema u svetu sa pozivom na referentnu literaturu
- (4) Postavka tehničkog rešenja
- (5) Opis sa karakteristikama
- (6) Literatura
- (7) Način realizacije mogućnost i mesto primene

  
Miomir Živković, dipl. inž.

Adresa: ul. Kneginje Ljubice 1/II, 18000 Niš  
tel: 018/252-188, fax: 018/246-398

matični broj: 7174039; PIB: 100619777; šifra delatnosti: 7219; žiro račun: 105-2201-22 "Aik banka" a.d.  
www.prvimaj-nis.com; e-mail: info@prvimaj-nis.com



**INSTITUT ZA KVALITET RADNE I  
ŽIVOTNE SREDINE 1. MAJ D.O.O NIŠ**  
INSTITUTE FOR THE QUALITY OF WORKING  
AND LIVING ENVIRONMENT 1. MAY NIS



ИНСТИТУТ ЗА КВАЛИТЕТ РАДНЕ И ЖИВОТНЕ СРЕДИНЕ  
1. МАЈ Д.О.О  
Бр. 41-459/1  
19.03. 20 19 год.  
НИШ

**PREDMET: POTVRDA O RADNOM ISKUSTVU**

Kojom se potvrđuje da je **Živković Miomir** dipl.inženjer elektrotehnike sa JMBG 0304959740029, zaposlen u Institutu za kvalitet radne i životne sredine od 1988. godine do danas, i u tom periodu je radio na poslovima protiveksplozione zaštite (Izrada tehničke dokumentacije iz oblasti protiveksplozione zaštite, izrada Elaborata o zonama opasnosti od eksplozije, pregled i provera instalacija sa opremom i uređajima u Ex izvođenju i izvođenje Obuke iz oblasti protiveksplozione zaštite).

Dana 19.03.2019.godine

  
DIREKTOR  
Saško Petrov, dipl.inž.el.

Adresa: ul. Kneginje Ljubice 1/II, 18000 Niš  
tel: 018/252-188, fax: 018/246-398  
matični broj: 7174039; PIB: 100619777; šifra delatnosti: 7219; žiro račun: 105-2201-22 "Aik banka" a.d.  
www.prvimaj-nis.com; e-mail: info@prvimaj-nis.com